Desempenho técnico, econômico e ambiental do
harvester em distintas rotações do motorTechnical, economic and environmental evaluation of
harvester's performance under different engine rotationDiego Weslly Ferreira do Nascimento Santos¹, Haroldo Carlos Fernandes²,
Domingos Sárvio Magalhães Valente³ e Elton da Silva Leite⁴

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho técnico, econômico e as emissões de gases causadores de efeito estufa emitidos pelo *harvester* operando em diferentes rotações do motor. A pesquisa foi executada em áreas de colheita florestal, localizadas na região sul do estado da Bahia. Foi realizado um estudo de tempos e movimentos; produtividade; consumo horário de combustível; emissão de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso; custo operacional e de produção, sendo todos os parâmetros analisados nas rotações do motor de 1.900; 1.700 e 1.500 rpm. Os resultados foram submetidos análise de variância e quando significativos comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A rotação do motor não influenciou de forma significativa no tempo total do ciclo operacional e na produtividade da máquina. No entanto foram observadas diferenças significativas nos valores de consumo de combustível, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e custo operacional, sendo os menores valores observados na rotação mais baixa do motor. Para as condições analisadas recomenda-se que o *harvester* seja operado na menor rotação do motor.

Palavras-chave: colheita florestal, mecanização florestal, emissão de poluentes.

Abstract

This work aimed to analyse the harvester's performance operating at different engine revolutions. The analysis considered its technical and economic performance, as well its greenhouse gases emission. This research was carried out at forest harvesting areas at Bahia's Southern region. All the following parameters were analysed at the engine revolutions of 1900rpm, 1700rpm and 1500rpm: Times and movement, productivity, fuel consumption, carbon dioxide emission, methane and nitrous oxide, operational costs and production costs. The data was submitted to analysis of variance and compared by the Tukey test at 5% probability when significant. The engine's rotation didn't influence the total operating cycle time and machine productivity. However, significant differences were observed for fuel consumption, carbon dioxide, methane, nitrous oxide and operational cost. The best values were achieved during the lowest engine's rotation. Hence, in conditions analysed in this work, is recommended that the harvester be operated at the lowest engine's rotation.

Keywords: forest harvesting, forest mechanization, emission of pollutants.

INTRODUÇÃO

O corte é a fase inicial da colheita florestal, sendo subdividido nas operações de corte de derrubada, desgalhamento, descascamento, traçamento e empilhamento. Quando realizado de forma mecanizado e no sistema toras curtas (*cut to length*) umas das principais máquinas utilizadas é o *harvester*. Esse trator florestal é autopropelido, e capaz de realizar todas as operações que integram o corte. Segundo Magalhães e Katz (2010) a utilização dessas máquinas permitiu a mecanização de grandes áreas florestais, aumentou o rendimento operacional, a segurança dos operadores e proporcionou redução do custo de produção.

¹Doutorando em Engenharia Agrícola. UFV - Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias. Campus Universitário - 36570-900 - Viçosa, MG. E-mail: diegoweslley89@hotmail.com.

²Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola. UFV - Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias. Campus Universitário - 36570-900 - Viçosa, MG. E-mail: haroldoufv@gmail.com.

³Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola. UFV - Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias. Campus Universitário - 36570-900 - Viçosa, MG. E-mail: sarvio.valente@gmail.com.

⁴Professor Adjunto. UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 44380-000 - Cruz das Almas - BA. E-mail: eltonslite@gmail.com

Apesar da evolução do corte florestal e das demais operações que compõem a colheita florestal, os mesmos ainda carecem de progressos, em razão do alto custo operacional das máquinas e dos impactos que a colheita pode provocar no meio ambiente. Segundo Silva et al., (2014) a otimização das atividades que compõem o custo operacional das máquinas resultam em uma economia de aproximadamente 7% no custo final do metro cúbico de madeira produzido. Já de conforme Laschi et al. (2016) é necessário identificar e quantificar os impactos ambientais provocados pela colheita e assim será possível tomar medidas para sua sustentabilidade ambiental

Nas pesquisas desenvolvidas por Silva et al (2014) e Simões et al., (2010) o custo com combustível foi o dispêndio que mais onerou o custo operacional do *harvester*, representando 24 e 29% do custo operacional total, respectivamente. Segundo Laschi et al., (2016) um subsistema de colheita florestal de toras curtas formado pelas máquinas *harvester* e *forwarder* emite cerca de 13 kg CO_{2eq} por cada tonelada de madeira colhida, além de outros gases poluentes como o metano e o óxido nítrico. A concentração desses gases na atmosfera pode provocar impactos ao meio ambiente, como por exemplo, o agravamento do efeito estufa.

De acordo com Ramos et al., (2016) e Silveira et al., (2013) a rotação do motor influencia significativamente no consumo horário e específico de combustível, sendo que a máquina demanda uma menor quantidade de combustível quando trabalha na menor rotação do motor. A redução do consumo de combustível pelas máquinas florestais pode contribuir para a redução do custo operacional e de produção, além de contribuir para redução das taxas de emissão de gases poluentes, já que existe uma equivalência entre a quantidade combustível queimado e a quantidade de gases emitidos para atmosfera.

Mediante o exposto e a necessidade de reduzir o consumo de combustível de máquinas florestais, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar de forma técnica, ambiental e econômica o desempenho do *harvester* operando em diferentes rotações do motor.

MATERIAL E MÉTODOS

Analizou-se o corte mecanizado de madeira em um sistema de toras curtas (*cut to length*), sendo as operações acompanhadas no turno que iniciava às 06:00 horas e terminava às 15:00 horas. O corte foi realizado por um *harvester*, em três rotações do motor, com oito de derrubada composto por três linhas de árvores. Posteriormente os toretes, de 6,20 metros, eram extraídos por um *forwarder*.

Local do estudo

A pesquisa foi executada na cidade de Eunápolis – Bahia, nas coordenadas, latitude 16°23'51"S e longitude 39°49'22"W. O povoamento florestal era composto por *Eucalyptus urograndis*, plantadas no espaçamento de 4,0 metros entre linhas e 3,0 metros entre plantas. No momento do corte as árvores apresentavam volume médio individual de 0,25 m³, e tinham 7 anos de idade. O solo dessa área é classificado como Argissolo Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2006), com relevo plano e altitude de 187 metros. Segundo a classificação de Koppen a região apresenta clima do tipo tropical úmido (Af), temperatura média de 23 °C, e precipitação pluviométrica média anual de 1.256 milímetros. O estudo foi executado em áreas com declividade inferior a 2°, sendo as mesmas consideradas planas.

Máquina utilizada

As operações de corte foram realizadas por um *harvester*, sendo a máquina base uma escavadeira hidráulica de esteira, modelo EC 210BF prime, da marca Volvo®, motor Diesel turbo-alimentado com 6 cilindros, 143 HP (107 kW) de potência, torque máximo de 647 Nm e rotação máxima do motor de 1.900 rpm. O conjunto braço e lança hidráulica totalizavam um comprimento total de 8,6 metros.

O cabeçote era da marca Ponsse®, modelo H7, com 1,50 metros comprimento, 1,54 metros de largura e 1,68 metros de altura. Composto o cabeçote tinha-se três rolos alimentadores, seis lâminas para desgalhamento e um sabre capaz de cortar árvores com até 0,7 metros de diâmetro.

Rotação do motor

As diferentes rotações do motor foram obtidas através do sistema operacional da máquina, onde foi possível estabelecer os valores desejados de 1.500; 1.700 e 1.900 rotações por minuto. Todas as rotações foram confirmadas por meio da utilização de um tacômetro digital da marca Mimipa®, modelo MDT-2245B, sendo o aparelho direcionado para o eixo virabrequim do motor da máquina.

Análise técnica

O estudo de tempos e movimentos foi realizado pelo método multimomento, com coleta de dados a cada 15 segundos, sendo utilizado um cronômetro sexagesimal. Preliminarmente foi executado um estudo piloto, conforme Barnes (1968), com o objetivo de determinar o número de repetições necessárias. O ciclo operacional do *harvester* foi subdividido nas seguintes operações:

Deslocamento e busca: tempo consumido com o deslocamento da máquina com o cabeçote vazio, em busca das árvores a serem abatidas, até o momento que o cabeçote era apoiado nas árvores.

Corte de derrubada: tempo despendido com o corte e derrubada das árvores. Era iniciado quando o cabeçote estava apoiado na árvore e finalizado quando as árvores estavam no sentido horizontal.

Desgalhamento/descascamento: tempo gasto com o desgalhamento e descascamento das árvores. Iniciava quando a tora começava a ser movimentada no sentido horizontal, sendo finalizado quando o sabre era acionado para iniciar o seccionamento da tora.

Traçamento: tempo que a máquina demandava para realizar o seccionamento das toras. Era iniciado quando o sabre era acionado e finalizado após o corte do último torete.

A produtividade foi determinada em metros cúbicos de madeira sem casca por hora efetiva de trabalho ($\text{m}^3\text{sc h}^{-1}$), através da Equação 1.

$$P = \frac{V}{T} \quad (1)$$

onde:

P = Produtividade ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$);

V = volume na parcela (m^3); e

T = Tempo gasto na parcela (horas).

O volume, em metros cúbicos de madeira, foi obtido multiplicando-se o número de árvores da parcela pelo volume médio individual das árvores. Para cada rotação da máquina foram demarcadas 10 parcelas experimentais, com 99 árvores cada, totalizando uma área de 768 metros quadrados por parcela.

Determinação do consumo de combustível

O volume de combustível em cada parcela foi determinado utilizando um medidor de fluxo volumétrico, da marca FLOWMATE M-III, modelo LSN40, instalado no sistema de alimentação de combustível da máquina (Figura 1). O volume era visualizado instantaneamente ao final de cada parcela por meio de uma interface gráfica. O fluxômetro tinha o sinal de saída do tipo impulso e precisão de $1 \text{ mL impulso}^{-1}$. O consumo horário do *harvester* foi calculado conforme a Equação 2.

$$Ch = \frac{Q}{T} \cdot 3,6 \quad (2)$$

em que:

Ch – Consumo horário (L h^{-1});

Q – Combustível consumido pelo trator na parcela (mL);

T – Tempo gasto pelo trator na parcela durante a operação (s).

Emissão de gases

Foi analisada a quantidade de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) emitido pelo *harvester* nas diferentes rotações do motor. As quantidades foram calculadas por meio das Equações 3; 4 e 5.

$$\text{CO}_2 = Fa \cdot Ch \quad (3)$$

em que:

CO_{2eq} = quantidade de dióxido de carbono emitido ($kg\ h^{-1}$);

Fa = fator de emissão ($kg\ L^{-1}$); e

Ch = consumo horário da máquina ($L\ h^{-1}$).

$$CH_{4eq} = Fa\ Ch \quad (4)$$

em que:

CH_{4eq} = quantidade de metano emitido ($kg\ h^{-1}$);

Fa = fator de emissão ($kg\ L^{-1}$); e

Ch = consumo horário da máquina ($L\ h^{-1}$).

$$N_2O_{eq} = Fa\ Ch \quad (5)$$

em que:

N_2O_{eq} = quantidade de óxido nitroso emitido ($kg\ h^{-1}$);

Fa = fator de emissão ($kg\ L^{-1}$); e

Ch = consumo horário da máquina ($L\ h^{-1}$).

Os fatores de emissão para cada tipo de gás foram obtidos no inventário de gases de efeito estufa, publicado no ano de 2006 pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2017).

Custo operacional e de produção

O custo operacional foi determinado de acordo com a metodologia proposta pela *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE, 2001), sendo expresso em reais por hora efetiva de trabalho. Os dados necessários para determinar o custo operacional foram obtidos por meio da coleta de dados no campo e planilhas de custos fornecidas pela empresa. O custo operacional compreendeu o somatório dos custos fixos (depreciação, taxas administrativas, abrigo, juros, seguro e salário do operador) e variáveis (combustível, graxas e lubrificantes, óleo hidráulico, manutenção e reparos e transporte de pessoal).

O custo de produção foi calculado através do quociente entre o custo operacional e a produtividade da máquina, sendo o mesmo expresso em reais por metro cúbico ($R\$\ m^{-3}$).

Análise estatística

Os resultados de tempos e movimentos foram submetidos a uma análise de variância, em parcelas subdivididas, sendo as rotações as parcelas e as operações as subparcelas. Já os resultados de produtividade, consumo horário da máquina, gases poluentes e custo de produção foram submetidos à análise de variância, considerando delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e dez repetições cada. Nos casos em que houve diferença estatística foi realizado teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software Statistical.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise técnica

Na Tabela 1 consta o teste de média das atividades que compõem o ciclo operacional do *harvester*. A rotação do motor influenciou de forma significativa no tempo das atividades desganhamento/descascamento, e traçamento, no entanto não interferiu no tempo total do ciclo operacional da máquina.

Tabela 1. Teste de média do tempo, em segundos, das operações que compõem o ciclo operacional do *harvester* em diferentes rotações do motor.

Table 1. Mean time test, in seconds, for operations that composes harvester operating cycle at different engine's rotation.

Rotação	Operação				Total
	Deslocamento e busca	Corte de derrubada	Desganhamento e descascamento	Traçamento	
1.900	6,94 aB	6,92 aB	6,38 bB	9,34 abA	29,58 a
1.700	7,28 aB	7,06 aB	7,78 aAB	8,62 bA	30,74 a
1.500	7,30 aB	6,54 aB	6,58 bB	10,18 aA	30,60 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A atividade traçamento é estaticamente superior as demais operações em quase todas as situações analisadas, exceto com a atividade desgalhamento e descascamento na rotação de 1.700 rpm. A realização, em média, de 4 seccionamentos por árvores, além do destopamento contribui para aumentar o tempo da atividade. Na pesquisa desenvolvida por Seixas e Batista (2014) e Leite et al. (2014) a atividade traçamento foi a que demandou maior quantidade de tempo para ser completada, o que demonstra a alta demanda de tempo de tal operação e a necessidade de adoção de medidas mitigadoras.

A rotação do motor não influenciou na produtividade da máquina, porém influenciou de forma significativa no consumo horário (Tabela 2).

Tabela 2. Teste de média da produtividade e consumo horário.

Table 2. Average productivity and hourly consumption test.

Rotação do motor (rpm)	Produtividade (m ³ he ⁻¹)	Consumo horário (L h ⁻¹)
1.900	30,58 a	25,18 a
1.700	29,31 a	23,24 b
1.500	29,42 a	20,25 c

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O baixo volume das árvores pode ter contribuído para semelhança entre as médias de produtividade, pois não demandava a potência máxima do motor para realizar o corte e processamento das toras. Normalmente os operadores de máquinas florestais utilizam acelerações máximas e marchas inadequadas, preocupando-se pouco com o consumo de combustível e com a força real necessária para realizar determinada operação. Leite et al. (2014) determinaram uma produtividade média de 28,15 m³ he⁻¹, valor próximo aos encontrados na atual pesquisa e que ratifica a não influencia da rotação do motor na produtividade da máquina.

Na menor rotação, 1.500 rpm, o *harvester* consumiu 4,93 L h⁻¹ a menos de combustível, quando comparado com a maior rotação, tal fato é em razão do menor número de combustões que ocorrem por minuto e em consequência uma menor quantidade de Diesel era injetada no interior do cilindro do motor. Ramos et al., (2016) ao avaliarem a demanda energética de uma colhedora de cana-de-açúcar, e verificam que a máquina consumia cerca de 30% a menos de combustível quando trabalhava na menor rotação do motor, 1.800 rpm.

Na Figura 1 é apresentado o modelo matemático e o comportamento da curva do consumo horário de combustível em função da rotação do motor. O aumento de uma unidade da variável independente provoca o acréscimo de 0,0233 litros no consumo horário do *harvester*.

Figura 1. Regressão quadrática do consumo horário de combustível (CO) em função da rotação do motor (Rt). Sendo: * = significativo ao nível de 5% pelo teste t; e R² = coeficiente de determinação ajustado.

Figure 1. Quadratic regression for hourly fuel consumption (Ch) as function of engine's rotation (Rt). Here, * signal means that it was significant at 5% level by t test; and R² is the adjusted coefficient of determination.

A rotação do motor influenciou de forma significativa na quantidade de todos os tipos gases analisados, sendo que na maior rotação, 1.900 rpm, foram observados os maiores valores de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico (Tabela 3). Tal comportamento é devido ao maior consumo de combustível da máquina quando se aumenta a rotação do motor.

Tabela 3. Teste de média das quantidades de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nítrico (N₂O), emitidos pelo *harvester* nas distintas rotações do motor.

Table 3. Mean test of quantities of carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), issued by the harvester in different engine's rotation.

Rotação do motor (rpm)	CO ₂ eq (kg h ⁻¹)	CH ₄ eq (kg h ⁻¹)	N ₂ Oeq (kg h ⁻¹)
1.900	67,79 a	0,003797 a	0,137895 a
1.700	62,57 b	0,003504 b	0,127267 b
1.500	54,52 c	0,003053 c	0,110902 c

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao comparar a menor rotação com a maior, verifica-se que seria emitido a menos na atmosfera cerca de 13,27; 0,00074; 0,02699 quilos por hora de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico, respectivamente. Esses gases são substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infravermelha que chega a superfície terrestre, impedindo perda demasiada de calor para o espaço. No entanto a concentração de quantidades excessivas desses gases na atmosfera potencializa esse fenômeno e pode resultar no aumento da temperatura média do planeta, o que torna evidente a necessidade de redução das emissões.

Zhang et al., (2016) avaliaram a emissão de gases de efeito estufa por máquinas de colheita florestal e encontraram resultados superiores aos deste trabalho, em razão do maior consumo de combustível das máquinas avaliadas pelos autores e também pelas diferenças das condições operacionais. Conforme Laschi et al., (2016) a emissão de gases variam de acordo com as condições operacionais, sendo que quanto maior o volume das árvores e mais íngreme o terreno maior será o gasto de energia e consequentemente maiores serão as emissões.

Custos

Na Tabela 4 consta o custo operacional, os dispêndios que o compõem e o custo de produção. O *harvester* apresentou maior custo operacional na maior rotação do motor. Com relação ao custo de produção não foi observado diferença estatística entre os valores nas distintas rotações. O custo com manutenção e reparos foi o dispêndio que mais onerou o custo operacional em todas as rotações, seguido do custo com combustível e salário do operador.

Tabela 4. Distribuição dos itens que compõem o custo operacional da máquina e teste de média do custo de produção.

	Rotação do motor (rpm)		
	1900	1700	1500
Depreciação (R\$ h ⁻¹)	25,04	25,04	25,04
Juros (R\$ h ⁻¹)	1,02	1,02	1,02
Seguro (R\$ h ⁻¹)	1,99	1,99	1,99
Administrativos (R\$ h ⁻¹)	1,07	1,07	1,07
Salário do operador (R\$ h ⁻¹)	28,99	28,99	28,99
Custo fixo (R\$ h ⁻¹)	58,12	58,12	58,12
Combustível (R\$ h ⁻¹)	78,06	72,04	62,78
Óleo hidráulico (R\$ h ⁻¹)	5,13	5,13	5,13
Lubrificante e graxa (R\$ h ⁻¹)	6,38	6,38	6,38
Manutenção (R\$ h ⁻¹)	78,65	78,65	78,65
Transporte de pessoal (R\$ h ⁻¹)	7,14	7,14	7,14
Custo variável (R\$ h ⁻¹)	175,36	169,34	160,07
Custo operacional (R\$ h ⁻¹)	233,48	227,46	218,20
Custo de produção (R\$ m ⁻³)	7,67 a	7,77 a	7,51 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O maior custo operacional na maior rotação é em virtude do alto consumo de combustível da máquina. O custo com combustível representou 33,43; 31,67; e 28,77% do custo operacional nas rotações de 1900; 1700 e 1.500, respectivamente. Ao comparar os valores com custo de combustível da maior com a menor rotação do motor, constata-se um decréscimo de 15,28 R\$ h⁻¹ no custo horário. Nas pesquisas desenvolvidas por Silva et al. (2014) e Leite et al. (2014) o custo com combustível representou 24 e 23%, respectivamente, do custo operacional, resultados semelhantes ao do presente trabalho e que mostram a alta representatividade desse dispêndio no custo operacional.

A semelhança estatística do custo de produção é devido à equivalência da produtividade da máquina nas diferentes rotações, sendo que apenas a discrepância do custo operacional não foi suficiente para promover a diferença entre os valores.

CONCLUSÕES

O regime de rotação do motor de *harvester* não provoca mudanças significativas nos valores do tempo total do ciclo operacional e na produtividade, no entanto o alto regime ocasiona elevado consumo de combustível, altas taxas de emissão de gases poluentes e alto custo operacional, o que demonstra, para as condições analisadas, que de maneira técnica, ambiental e econômica é mais viável que a máquina opere no menor regime de rotação do motor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards 2001: machinery, equipment and buildings: operating costs**. Iowa: Ames, 2001. 226 p. (ASAE D497.5).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Produção de informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

BARNES, R. M. **Motion and time study: design and measurement of work**. 6 ed. New York: John Wiley & Sons, 1968. 799 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Energy**. Disponível em: < http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf >. Acesso em: 07 de ago. de 2017.

LASCHI, A.; MARCHI, E.; GARCÍA, S. G. Forest operations in coppice: Environmental assessment of two different logging methods. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 493 – 503, 2016.

LEITE, E. S.; MINETTE, L. J.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; AMARAL, E. J.; LACERDA, E. G. Desempenho do *harvester* na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 1, 2014.

MAGALHÃES, P. A. D.; KATZ, I. Estudo da viabilidade econômica da mecanização do processo de colheita florestal com *harvester* em uma indústria madeireira. **Tékhne Lógos**, Botucatu, v. 2, n. 1, p.72 a 91, 2010.

RAMOS, C. R.; LANÇAS, K. P.; LYRA, G. A.; SANDI, J. Fuel consumption of a sugarcane harvester in different operational settings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 6, p. 588-592, 2016.

SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Comparação técnica e econômica entre *harvesters* de pneus e com máquina base de esteiras. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 185 - 191, 2014.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; FIEDLER, N. C.; FERNANDES, H. C.; PAULA, M. O.; CARMO, F. C.; MOREIRA, G. R. Avaliação de custos de dois modelos de *harvester* no corte de eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 741 - 748, 2014.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; TROGELLO, E. Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, 2013.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 611-618, 2010.

ZHANG, F.; JOHNSON, D. M.; WANG, J.; YU, C. Cost, energy use and GHG emissions for forest biomass harvesting operations. **Energy**, v. 114, p. 1053 -1062, 2016.

Recebido em 20/09/2017

Aceito em 08/02/2018